

## ФОРМИРОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**В. М. Аленичев**

Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук,  
Екатеринбург, Россия

**Аннотация:** Реализация геоинформационной системы, основанной на стандартах взаимодействия, расширяемости, открытости и объектно-ориентированных моделях данных, позволит повысить эффективность использования компьютерных технологий при обосновании стратегии рационального и комплексного освоения недр. В современных условиях горно-геологический мониторинг направлен на увеличение прогностической способности геологической модели за счет интерпретации дополнительных геоданных, полученных в процессе разработки месторождения, оперативного (призабойного) опробования, доразведки, а также применения современных способов трансформации координатно-привязанных значений проб по дискретным точкам в межскважинное пространство с использованием вероятностно-статистических методов исследования. Этому будет способствовать анализ влияния факторов среды на текущее состояние предприятия и мониторинг за изменением пространственных и атрибутивных признаков, характеризующих геотехногенную структуру, включающую месторождение полезных ископаемых и техногенные образования (карьер, шахта, отвалы, хвостохранилище и т. п.), образующие при разработке единую систему элементов, взаимодействующих и согласованно изменяющихся во времени и пространстве. Обязательным условием формирования геоданных для обеспечения устойчивого развития горно-технологических систем является поддержание в актуальном состоянии ранее созданного банка геоданных и метаданных. Для создания территориальных (корпоративных) баз данных по передаче геологической информации планируется создание единой коммуникационной сети Федерального уровня. Это позволит, с одной стороны, информацию о геологических ресурсах, представленную в плохо адаптируемых форматах, перевести на современные технологии хранения, создать дружественные интерфейсы, облегчающие получение её недропользователями непосредственно из Росгеолфонда и фондохранилищ предприятий. Анализ характера взаимодействия горного предприятия с внешней и внутренней средой не снимает задачу непрерывного уточнения и актуализации геоданных.

**Ключевые слова:** геоинформатика, внешняя и внутренняя среда, геоданные, актуализация, информационное обеспечение, структура, формирование, диагностика.

**Для цитирования:** Аленичев В. М. формирование геоинформации для диагностики состояния горного предприятия // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2021. – № 5–1. – С. 217–225. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_51\_0\_217.

---

## Shaping geoinformation system for mine diagnostics

V. M. Alenichev

Institute of Mining Ural branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

---

**Abstract:** The implementation of a geoinformation system based on standards of interaction, expandability and openness of object-oriented data models will increase efficiency of computer technologies in justification of rational and integrated subsoil management. In modern conditions, the mine and geology monitoring is aimed at increasing the prediction ability of the geological model by interpreting additional geodata obtained during mining, operational (bottom-hole) testing, additional exploration, as well as using modern methods of transforming coordinate-linked values of samples at discrete points into the inter-well space using probabilistic and statistical research methods. This will be facilitated by the analysis of the influence exerted by the environmental factors on the current mining conditions and by the monitoring of changes in spatial and attribute features that characterize the geotechnical structure including a mineral deposit and waste accumulations (quarry, mine, dumps, tailings storage, etc.), which form a single system of elements that organically interact and change in time and space. A prerequisite for the formation of geodata to ensure sustainable development of mining and technological systems is the relevancy of the previously created bank of geodata and metadata. To create territorial (corporate) databases for the transmission of geological information, it is planned to arrange a unified national communication network. This will allow adaptation of information about geological resources to modern storage technologies and creation of user-friendly interfaces to facilitate the receipt of this information by subsurface users directly from Rosgeolfond and mine archives. The analysis of the nature of interaction of a mine with the external and internal environment necessitates continuous refinement and updating of geodata.

**Key words:** geoinformation science, external and internal environment, GEODATA, updating, information support, structure, formation, diagnostics.

**For citation:** Alenichev V. M. Shaping geoinformation system for mine diagnostics. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2021;(5–1):217–225. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236\_1493\_2021\_51\_0\_217.

---

### Введение

Реализация геоинформационной системы предприятия, основанной на стандартах взаимодействия, расширяемости, открытости и объектно-ориентированных моделях данных, позволит повысить эффективность использования компьютерных технологий при обосновании стратегии рационального и комплексного освоения недр [1]. Этому будет способствовать анализ влияния факторов среды на текущее состояние предприятия и мониторинг за изменением пространственных и атрибутивных признаков, характеризующих геотехногенную структуру,

включающую месторождение полезных ископаемых и техногенные образования (карьер, шахта, отвалы, хвостохранилище и т. п.), образующие при разработке единую систему элементов, взаимодействующих и согласованно изменяющихся во времени и пространстве [2]. Анализ характера взаимодействия горного предприятия с внешней и внутренней средой не снимает задачу непрерывного уточнения и актуализации геоданных. В связи с этим представляет практическую ценность рассмотрение общих принципов создания и корректировки геоинформационного обеспечения.

## Состояние вопроса

Общие принципы взаимодействия организационных структур, представляющих собой, как правило, открытые системы со средой, проанализированы в работах [2 — 5]. Отмечено, среда предприятия состоит из двух сфер: внешней и внутренней. Первая оказывает значительное влияние на состояние внутренней среды, вторая предопределяет хозяйственный организм предприятия [6]. Процедура анализа среды является достаточно сложным процессом, поскольку в условиях рыночной экономики при анализе макро- и микросреды имеет место дефицит информации («асимметрия информации») о деловых партнерах, с которыми заключен договор на поставку готовой продукции, приобретение горно-транспортного оборудования и материалов, передачу на основании договора определённых видов или функций производственной деятельности другим организациям [2].

Факт «асимметрии информации» изучался Д. Акерлофом, М. Спенсом и Д. Стиглицем, которым в 2001 г. была присуждена Нобелевская премия по экономике за анализ рынков [6]. «Асимметрия информации» на стадии заключения договора порождает проблему ложного выбора, что в конечном виде приводит к необходимости взаимодействия с ненадежным партнером [6]. Успешное решение этой проблемы при природопользовании и, в частности, недропользовании, достигается созданием достаточно полного и объектно-ориентированного геоинформационно-аналитического обеспечения.

Описание материалов и методов анализа

Понятие геоинформационной системы логично вытекает из основополагающего определения системы, представляющей собой совокупность взаимодействующих частей. В связи

с этим информационная система отождествляется со множеством информации и заданными над этим множеством операциями, что приводит к понятию теоретико-множественной модели, давно известной математикам. Для определения множества требуется всего лишь одно условие: задание критерия принадлежности элементов конкретному множеству. Если для любого элемента возможно однозначно указать, что он входит или нет во множество, то множество определено.

Неотъемлемым условием горно-геологической информационным систем (ГГИС) является наличие в ней двух базовых блоков: геоинформационного и мультимедийного [7, 8], взаимосвязь между которыми производится за счет системных перекрестных ссылок с подключением внешних источников данных, в том числе сети Интернет. Пространственные объекты, характеризующиеся соответствующими им атрибутами и маркерами, составляют геоинформационный блок. Из различных форм представления геоданных в виде текстов, таблиц, фотографий, иллюстраций, в т. ч. топографических карт, геологических планов и разрезов, генеральных планов предприятия, видеозаписей, интернет-ссылок и других материалов, формируется мультимедийный блок (рис. 1).

Методические основы создания горно-геологической информационным системы ориентированы на целевое назначение информации:

- поиск сведений о количестве полезного ископаемого, составе и свойствах руд и пород;
- классификацию горной массы по заданным характеристикам;
- проведение горно-геометрического анализа (подсчет запасов в контурах карьера, по горизонтам, этапам разработки, выемочной единице и т. д.);



Рис. 1. Формирование геоинформационной системы  
 Fig. 1. Shaping a geoinformation system

- выявления вероятностно-статистических зависимостей между параметрами и показателями горного массива и изменчивости их в пространстве месторождения;
- оценку достоверности параметров в заданном объеме или определение объема с заданными свойствами;
- прогнозирование плотности дополнительной разведочной сети на планируемых к отработке в ближайшие годы участках;

- определение числа опробований для получения надежных сведений о количественно-качественных характеристиках полезного ископаемого в выемочных блоках.

Формирование геоинформационной системы, учитывающей совокупность составляющих её объектов и взаимосвязей между ними, возможно только при наличии у разработчика высокой квалификации. Геоданные должны удовлетворять возможности построе-

ния моделей по различным признакам: внешнего сходства (похожести), структуре и поведению (аналогичное реагирование на внешние воздействия).

Для достижения поставленных целей у недропользователя зачастую возникает потребность в анализе многовариантных решений горно-технологических задач. Исходя из целевого подхода на различных этапах освоения месторождений, возникает необходимость в переоценке количественно-качественных характеристик запасов для изменения геотехнологии или внедрения инновационных проектов. Информация, используемая для сопровождения разведки, технико-экономического обоснования кондиций и эксплуатации, по-разному отражают геоданные в межскважинном пространстве. В современных условиях горно-геологический мониторинг направлен на увеличение прогностической способности геологической модели за счет интерпретации дополнительных геоданных, полученных в процессе разработки месторождения, оперативного (призабойного) опробования, доразведки, также применения современных способов трансформации координатно-привязанных значений проб по дискретным точкам в межскважинное пространство с использованием вероятностно-статистических методов [11, 12]. При этом необходимо выявить и учесть главные модификаторы, изменяющие параметры геологической модели. Источники геоинформации и других данных представлены на рис. 2.

Процедура формирования геоданных для обеспечения устойчивого развития горного предприятия представляет собой многоэтапный процесс, включающий реализацию мероприятий, сущность которых сводится к следующему:

- уточнению горно-технических условий, текстурно-структурных особенностей и физико-механических свойств;

- организации метаданных и эффективного поиска геоданных;

- внедрению специализированных автоматизированных рабочих мест;

- регламентации степени доступности к геоданным (чтение, модификация и удаление) различных специалистов;

- создание пользовательских интерфейсов, включающих подсказки и пиктограммы.

При решении задач, обеспечивающих выполнение поставленных целей, целесообразно создание и использование нескольких версий моделей, позволяющих недропользователю на каждом этапе жизни месторождения провести оценку прогнозных горно-геологических параметров и показателей, необходимых для обоснования и реализации наиболее вероятных вариантов сценария [10]. Достижение намеченных целей и задач в первую очередь зависит от полноты и достоверности горно-геологической информации. В общем случае модель геологического объекта должна отвечать поставленной цели и решаемым задачам и в дальнейшем актуализироваться по мере появления новых геоданных. (рис. 3).

Для взаимоувязки территориальных сетей территориальных (корпоративных) баз данных по передаче геологической информацией планируется создание единой коммуникационной сети Федерального уровня. Это позволит, с одной стороны, информацию о геологических ресурсах, представленную в плохо адаптируемых форматах, перевести на современные технологии хранения, создать дружественные интерфейсы, облегчающие получение её недропользователями непосредственно из Росгеолфонда и фондохранилищ предприятий



Рис. 2. Источники геоинформации  
Fig. 2. Sources of geoinformation

[11]. В дальнейшем данные, полученные при геологоразведочных работах и обработке месторождения, будут использоваться для корректировки информации, хранимой в системе Роснедра [2, 5, 10, 11]. Потребителями геоинформации являются горнодобывающие предприятия, региональные органы субъектов Федерации и различные организации, в том числе научно-исследовательские, проектные, коммерческие (бизнес-структуры) и т. п. [10, 11].

Мониторинг состояния горнодобывающего предприятия на основе постоянно актуализируемого банка геоданных и метаданных, создание интегрального геоинформационного обеспечения конкретной геотехногенной

структуры в условиях рыночной экономики позволит реализовать устойчивое функционирование природно-технологической системы и рационально использовать потенциальные возможности месторождения [13, 14].

Достоверный мониторинг состояния горнодобывающего предприятия достигается при актуализации ранее созданного банка геоданных и метаданных. Кроме того, актуализация является неотъемлемым условием стабильного обеспечения пользователей информацией в реальном масштабе времени.

### Заключение

Актуализация банка геоданных и метаданных является неотъемлемым



Рис. 3. Блок-схема актуализации геoinформационного обеспечения  
 Fig. 3. Functional chart of geoinformation support update

условием успешного мониторинга природно-технологической системы.

В современных условиях горно-геологический мониторинг направлен на увеличение прогностической способности геологической модели за счет интерпретации дополнительных геоданных, полученных в процессе раз-

работки месторождения, оперативного (призабойного) опробования, доразведки, а также применения современных способов трансформации координатно-привязанных значений проб по дискретным точкам в межскважинное пространство с использованием вероятностно-статистических методов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черепанов В. В. Какие ожидания связываете Вы с цифровизацией недропользования и что уже сделано в этом направлении/ Черепанов В. В., Гаранин К. В., Черяков И. А., Мандрик И. Э. и др. // Недропользование XXI век. — 2018. — № 5 (75). — С. 4 — 11.
2. Аленичев В. М., Аленичев М. В. К вопросу формирования баз геоданных. Проблемы недропользования. — 2016. — № 1. — С. 12 — 18.
3. Lofgren, Karl-Gustav and Persson, Torsten and Weibull, Jorgen W., Markets with Asymmetric Information: The Contributions of George Akerlof, Michael Spence and Joseph Stiglitz. *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 104, pp. 195 — 211, 2002.
4. Carvalho, F. P. Mining industry and sustainable development: time for change. *Food Energy Secur.* 2017, 6, 61 — 77.
5. Gajos, M.; Sierka, E. GIS Technology in Environmental Protection: Research Directions Based on Literature Review. *Pol. J. Environ. Stud.* 2012, 21, 241 — 248.
6. D. Akerlof, M. Spence, J. Stiglitz: L'asymetrie au coeur de la nouvelle microeconomie // *Problemes Econ.* 2001. 2734. p. 1924.

7 Аленичев В. М., Корнилков С. В., Суханов В. И., Акоев М. А. Концепция создания справочно-информационных систем горнопромышленного комплекса // Отдельный выпуск ГИАБ. — 2009. — № 0В2. — М.: Изд. «Горная наука». — С. 37 — 48.

8. Корнилков С. В., Рыбникова Л. С., Рыбников П. А. Концепция ГИС «Комплексное освоение природных и техногенных ресурсов Урала» // Горный журнал. Известия вузов. — 2013. — № 8. — С. 93 — 99.


9. Oy Leuangthong, K. Daniel Khan, Clayton V. Deutsch. Solved Problems in Geostatistics. — Wiley, 2008. — 208 p.

10. Антонов В. А., Аленичев В. М. О мониторинге геоданных и моделировании продуктивного пласта золотоносной россыпи // Маркшейдерия и недропользование. — 2018. — № 3. — С.56 — 59.

11. Шнуров И. В., Коровина Т. А., Романов Е. А., Шиманский В. В. Роль лабораторных исследований в повышении достоверности геологической информации // Недропользование XXI век. — 2018 № 6 (76). — С.176 — 186.

12. Наговицын О. В. Лукичев С. В. Современное состояние и перспективы развития горно-геологических систем // ГИАБ, Спец. выпуск 23. — 2017. — С. 53 — 67.

13. Кочергин А. М. Стоимость — универсальный критерий оценки запасов при построении современной национальной классификации запасов / А. М. Кочергин // «Недропользование XXI век». — 2015. — № 5 (55). — С. 146 — 155.

14. Moridi, Mohammad Ali, Youhei Kawamura, Mostafa Sharifzadeh, Emmanuel Knox Chanda, Markus Wagner, Hyongdoo Jang, Hirokazu Okawa. Development of Underground Mine Monitoring and Communication System Integrated ZigBee and GIS / International Journal of Mining Science and Technology. — 2015, 25 (5). — p. 811 — 818. 

## REFERENCES

1. Cherepanov V. V., Garanin K. V., Cheryakov I. A., Mandrik I. E. i dr. What expectations do you associate with the digitalization of subsurface use and what has already been done in this direction. *Nedropol'zovanie XXI vek*. 2018. no. 5 (75). pp. 4 — 11. [In Russ]

2. Alenichev V. M., Alenichev M. V. On the issue of forming GEODATA databases. *Problemy nedropol'zovaniya*. 2016. no. 1. pp. 12 — 18. [In Russ]

3. Lofgren, Karl-Gustav and Persson, Torsten and Weibull, Jorgen W., Markets with Asymmetric Information: The Contributions of George Akerlof, Michael Spence and Joseph Stiglitz. *Scandinavian Journal of Economics*, Vol. 104, pp. 195 — 211, 2002.

4. Carvalho, F. P. Mining industry and sustainable development: time for change. *Food Energy Secur.* 2017, 6, 61 — 77.

5. Gajos, M.; Sierka, E. GIS Technology in Environmental Protection: Research Directions Based on Literature Review. *Pol. J. Environ. Stud.* 2012, 21, 241 — 248.

6. D. Akerlof, M. Spence, J. Stiglitz: L'asymetrie au coeur de la nouvelle microeconomie. *Problemes Econ.* 2001. 2734. p. 1924.

7. Alenichev V. M., Kornilkov S. V., Suhanov V. I., Aкоеv M. A. Concept of creating reference and information systems of the mining complex. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2009. no. 0V2. pp. 37 — 48. [In Russ]

8. Kornilkov S. V., Rybnikova L. S., Rybnikov P. A. The concept of GIS “Integrated development of natural and technogenic resources of the Urals”. *Gornyj zhurnal. Izvestiya vuzov*. 2013. no. 8. pp. 93 — 99. [In Russ]

9. Oy Leuangthong, K. Daniel Khan, Clayton V. Deutsch. Solved Problems in Geostatistics. Wiley, 2008. 208 p. [In Russ]

10. Antonov V. A., Alenichev V. M. About GEODATA monitoring and modeling of a productive layer of a gold-bearing placer. *Markshejderiya i nedropol'zovanie*. 2018. no. 3. pp. 56 — 59. [In Russ]



11. Shnurov I. V., Korovina T. A., Romanov E. A., Shimanskij V. V. Role of laboratory research in improving the reliability of geological information. *Nedropol'zovanie XXI vek.* 2018 no. 6 (76). pp. 176 – 186. [In Russ]

12. Nagovicyn O. V. Lukichev S. V. Modern state and prospects of development of mining and geological systems. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull. Spec. vypusk 23.* 2017. pp. 53 – 67. [In Russ]

13. Kochergin A. M. Cost universal criterion for assessing reserves in the construction of the modern national classification of reserves. *Nedropol'zovanie XXI vek.* 2015. no. 5 (55). pp. 146 – 155. [In Russ]

14. Moridi, Mohammad Ali, Youhei Kawamura, Mostafa Sharifzadeh, Emmanuel Knox Chanda, Markus Wagner, Hyongdoo Jang, Hirokazu Okawa. Development of Underground Mine Monitoring and Communication System Integrated ZigBee and GIS / *International Journal of Mining Science and Technology.* 2015, 25 (5). pp. 811 – 818.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Аленичев Виктор Михайлович* — докт. техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, alenichev@igduran.ru, Институт горного дела Уральского отделения Российской академии наук, Екатеринбург, Россия.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Alenichev V. M.*, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, e-mail: alenichev@igduran.ru, Institute of Mining of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia.

Получена редакцией 15.12.2020; получена после рецензии 18.02.2021; принята к печати 10.04.2021.

Received by the editors 15.12.2020; received after the review 18.02.2021; accepted for printing 10.04.2021.

